

# Explicaciones y argumentos de profesores de química en formación inicial: la construcción de criterios para su evaluación

Natalia Ospina Quintero<sup>1</sup>, Leonor Bonan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Estudiante de Doctorado en Ciencias con mención en Didáctica de las Ciencias. Universidad Nacional de Catamarca (Argentina).* [natao\\_85@hotmail.com](mailto:natao_85@hotmail.com)

<sup>2</sup> *Profesora Adjunta de Didáctica de la Física. Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (Argentina).* [lbonan@de.fcen.uba.ar](mailto:lbonan@de.fcen.uba.ar)

[Recibido en marzo de 2010, aceptado en octubre de 2010]

El presente documento se deriva de una investigación didáctica (Martínez y Ospina, 2008) en la que se propuso una estrategia para enseñar termodinámica a profesores de química en formación inicial. Se pretende mostrar la construcción de los criterios de evaluación diseñados con el objetivo de determinar la incidencia de las habilidades cognitivolingüísticas (Jorba, Gómez and Prat, 2000) en el aprendizaje de conceptos asociados a procesos fisicoquímicos.

**Palabras clave:** Criterios de evaluación; Habilidades cognitivolingüísticas; Termodinámica.

## Explanations and arguments of chemistry teachers in initial training: setting-up of criteria to its evaluation

This document is derived from an educational research (Martinez and Ospina, 2008) which proposed a strategy to teach thermodynamics to chemistry teachers on initial training. We intend to show the construction of evaluation criteria designed with the objective of determining the incidence of cognitive-linguistics abilities (Jorba, Gomez and Prat, 2000) in the learning of concepts associated to physicochemical processes.

**Keywords:** Judgments of evaluation; Cognitive linguistic abilities; Thermodynamic.

## Introducción

Este trabajo presenta la construcción de una serie de criterios de evaluación de las habilidades cognitivolingüísticas en una investigación que tuvo lugar en el marco de la Licenciatura en Química impartida por la Universidad Distrital de Bogotá, específicamente en el espacio académico de la asignatura Fisicoquímica II del cual formaban parte veinte profesores en formación en el segundo semestre de 2008.

Nos interesa destacar que uno de los objetivos de Fisicoquímica II es “Identificar los tipos de energía que influyen en los distintos sistemas termodinámicos con cambios químicos”. La asignatura, además, se encuentra organizada en núcleos problémicos que parten de una pregunta integradora desde la que se pretende desarrollar una serie de conceptos.

Se trabajó con el primer núcleo problemático de la asignatura, denominado: “cambio químico” que se inscribe en la siguiente pregunta: cuándo sucede cierta reacción química, ¿qué tipos de energías se presentan? La pregunta abarca los siguientes contenidos:

- Concepto de cambio químico
- Clases de reacciones

- Formulación de una ecuación termoquímica
- Tipos de energías caloríficas presentes en las reacciones

Se pretendió vincular los conceptos del núcleo problémico con el lenguaje a partir de una estrategia didáctica cuyo objetivo fue evaluar la incidencia de las habilidades cognitivolingüísticas relativas a *argumentar* y *explicar* (Jorba et al., 2000) en el aprendizaje de la termodinámica, analizando la estructura de las producciones orales y escritas desde el punto de vista textual y conceptual.

El presente documento propone un modelo de evaluación que tiene en cuenta los dos aspectos mencionados anteriormente: los conceptuales, propios de la termodinámica y los relacionados con el lenguaje, específicamente con las habilidades cognitivolingüísticas escogidas para este estudio.

Dicho modelo de evaluación, está encauzado en distintos criterios para cada habilidad cognitivolingüística, y se clasifican en distintos niveles (*combinaciones*) de acuerdo a la correspondencia con los conceptos de la termodinámica.

## **Fundamentos teóricos que subyacen a la construcción de los criterios de evaluación**

En el presente apartado se describen algunos de los fundamentos teóricos que soportan la investigación realizada, estos se desarrollan teniendo en cuenta los siguientes aspectos: el lenguaje como línea de investigación, la visión de la ciencia y su construcción (epistemológicos), las habilidades cognitivolingüísticas, la interacción comunicativa y consideraciones acerca de la concepción de evaluar en ciencias.

### **El lenguaje como línea de investigación didáctica**

El lenguaje en el aula es considerado como uno de los aspectos de relevancia en la investigación didáctica, los análisis al respecto se hacen teniendo en cuenta distintas perspectivas a partir de las cuales se prioriza: el discurso del profesor, del estudiante o la interacción dialógica de la clase (De Longhi, 2007).

Desde el punto de vista del papel del discurso del profesor en el aula de ciencias, acordamos con Sutton (2003) que este ha de ser “un gestor de la actividad y de la discusión”, es decir el profesor a través de lo que dice y hace en el aula ha de propiciar instancias a partir de las que los estudiantes se involucren en discusiones que permitan la explicitación de sus ideas y el consenso entre pares.

No obstante, se considera que para conseguir este tipo de interacción en el aula de ciencias los profesores han de estar formados en una tradición desde la cual el lenguaje sea considerado como una vía de construcción en el contexto del aula. Se propone entonces concebir la formación inicial y continua de los profesores de ciencias como el espacio propicio para que construyan sus representaciones acerca del mundo mediante la producción de textos orales y escritos que les permitan estructurar sus conceptos.

Para que esto sea posible, es necesario algo más que el ejercicio de hablar y escribir, adicionalmente se deben establecer unos parámetros acerca del significado y las implicaciones de la acción comunicativa en la clase de ciencias, lo que sugiere prestar atención a las consignas que se les brinda a los estudiantes durante la clase, ya que generalmente se pide a los profesores en formación que expliciten sus representaciones mediante habilidades específicas como por ejemplo: explicar, justificar, entre otras; sin embargo muy pocas veces se les hace

explícito lo que implica cada una de estas tareas, lo cual por supuesto hace que se dificulte el proceso de evaluación y la potencialización del uso de cada destreza de importancia.

### Fundamentos epistemológicos

Según Giere (1992), los científicos --y los todos los seres humanos-- construimos representaciones mentales, *modelos*, del mundo externo; los cuales se asemejan en ciertos grados y aspectos a lo que él denomina el sistema real que constituye la parte del mundo en estudio. Sin embargo, para Giere los modelos se caracterizan por ser entidades abstractas, de modo tal que las *hipótesis teóricas*, al ser entidades lingüísticas, dan cuenta de los aspectos que ponen en correspondencia al modelo con el sistema real que se pretende representar y de esta manera determinan la relación y grados de semejanza entre el modelo y el fenómeno que se intenta explicar.

Es preciso considerar a los estudiantes en la clase de ciencias representándose su mundo y al aula como una comunidad en la que constantemente se negocian y comparten significados; siendo el lenguaje la principal vía de comunicación y consenso, así como lo es en la construcción del conocimiento científico, donde los hombres y mujeres de ciencia explicitan los modelos mentales que para ellos responden al funcionamiento de una porción de la realidad.

### Explicar y argumentar como parte del contexto de aula

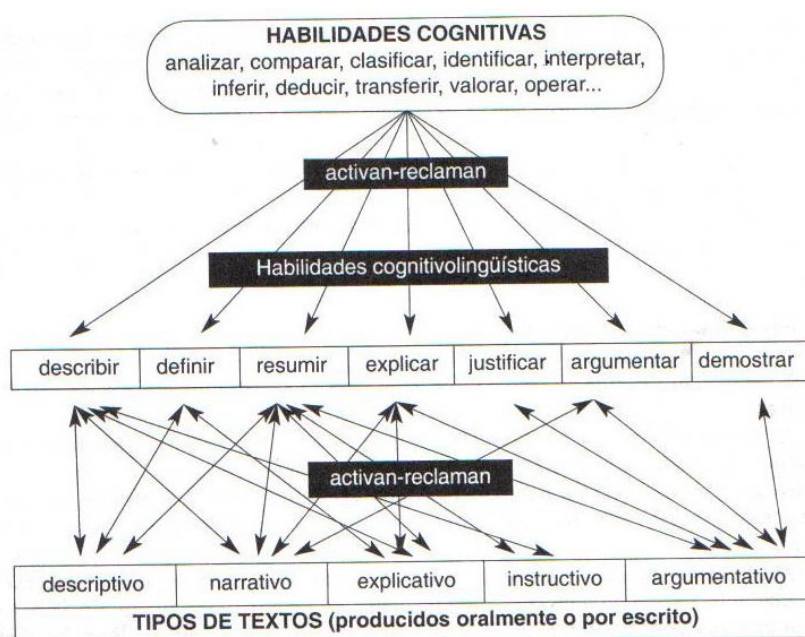
Explicitar las habilidades cognitivolingüísticas (Jorba et al., 2000), es un proceso en el que se activan habilidades de tipo cognitivo para llegar a producir textos orales y escritos con características específicas de cada tipología textual, la Figura 1 muestra un esquema que lo resume.

El espacio académico en el cual se implementó la estrategia didáctica se caracterizaba porque los docentes a cargo tenían como prioridad el que los profesores en formación desarrollaran habilidades que les permitieran el éxito en la resolución de problemas de lápiz y papel o el trabajo experimental, sin embargo no se detenían a propiciar los medios para impulsar la comunicación como punto de partida para pensar acerca de los conceptos, modelos y teorías, y sus relaciones con fenómenos y contextos específicos.

No obstante, prestar atención a la dimensión comunicativa requiere por parte de los docentes una conciencia acerca de los procesos que habrá que movilizar en sus estudiantes a partir de las actividades de enseñanza que se les propone. A partir de la secuencia didáctica que se planteó a los docentes encargados de la asignatura Fisicoquímica II se pretendió dar un rumbo diferente a las prioridades establecidas, atendiendo a su formación como futuros profesores. En este contexto, se decide trabajar con las interacciones comunicativas en el aula y específicamente con las habilidades cognitivolingüísticas *explicar* y *argumentar*. Es posible encontrar variados significados de qué quiere decir explicar y argumentar, por ejemplo:

#### *Explicar*

- Producir razones para hacer comprensible un fenómeno, “solo se tiene en cuenta el contenido de las razones no su valor *epistémico*” (Duval, 1999).
- Presentar razonamientos o argumentos estableciendo relaciones en el marco de las cuales los hechos explicados adquieran sentido y lleven a modificar un estado del conocimiento. (Jorba et al., 2000)



**Figura 1.** Relación entre habilidades cognitivolingüísticas y tipologías textuales (Jorba et al., 2000).

### *Argumentar*

- Es la secuencia de opiniones y razones encadenadas que, entre ellas, establecen el contenido y la fuerza de la posición para la cual argumenta un hablante particular. (Toulmin, Rieke, y Janik, 1984 citado por Marafioti, 2003)
- Justificar una afirmación para modificar el *valor epistémico* del destinatario. (Duval, 1999)
- Producir razones o argumentos, establecer relaciones entre ellos y examinar su aceptabilidad con la finalidad de modificar el valor epistémico de la tesis desde el punto de vista del destinatario (Jorba et al., 2000)

Es necesario tener en cuenta que la argumentación como habilidad cognitivolingüística está muy cercana a la justificación, sin embargo difiere en el sentido que expresa Jorba (1996): dispone los argumentos o razones en el orden que le parece más favorable para conseguir la adhesión a la tesis defendida que puede incluso no ser formulada hasta el final de la argumentación. De igual manera al argumentar se producen razones o argumentos aceptables, es decir pertinentes al contenido y fuertes o capaces de resistir los contraargumentos.

### **La interacción comunicativa**

Se considera el lenguaje como una de las formas más sofisticadas con las que cuenta el ser humano para comunicarse, este sistema de signos que está presente en la mayoría de las interacciones sociales, permitiendo no sólo exponer ideas sino que su papel va más allá y constituye un elemento fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *El uso y el dominio progresivo de los signos o de los códigos y lenguajes humanos permiten la transformación del mundo interno, es decir, la formación y el desarrollo de los procesos psicológicos superiores (atención consciente, memoria voluntaria y estratégica, razonamiento, lenguaje...), a la vez que permite operar mentalmente con los datos de la realidad y sus representaciones para hacer construcciones nuevas de pensamiento.* (Jorba et al., 2000)

En la investigación realizada se pensó el lenguaje como elemento fundamental para ser analizado en relación con la construcción y reconstrucción de nuevos significados, por medio

de una estrategia de enseñanza encaminada con el objetivo de potenciar habilidades para la comunicación y el debate de ideas hacia la comprensión de conceptos científicos.

Dicha estrategia se constituyó mediante instrumentos denominados actividades de potencialización, que se caracterizan por desarrollar los conceptos de Fisicoquímica II que se muestran en la Tabla 1, mediante un texto en el que se contextualiza en una situación determinada, por ejemplo el calor de combustión se contrasta con el metabolismo de los carbohidratos que ocurre al interior del cuerpo humano. A partir de dicho texto escrito se desarrolla una situación problema a la que los profesores en formación debían responder con argumentos o explicaciones.

<b>NÚCLEO PROBLÉMICO No 2: APLICACIÓN DE LA 1ª LEY DE LA TERMODINÁMICA A LAS REACCIONES QUÍMICAS</b>	
<i>NUCLEO PROBLÉMICO</i>	<i>CONTENIDOS</i>
<p><b>Para determinar el calor de una reacción, ¿qué condiciones se deben tener en cuenta?</b></p> <p>(presión constante, volumen constante, temperatura, naturaleza de la sustancia, variaciones de entalpía y energía interna)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Sucederá lo mismo si una reacción ocurre en un recipiente abierto que en un recipiente cerrado?</li> </ul>	<p>Clases de calores: calor de formación, calor de combustión, calor integral de solución, calor de formación de iones y calor de enlace.</p> <p>Ley de Hess</p> <p>Influencia de la temperatura en el calor de una reacción- Ley de Kirchoff.</p>

**Tabla 1.** Núcleo problemático considerado en la investigación (Tomado de syllabus de Fisicoquímica II, del Programa de Licenciatura en Química, Universidad Distrital Francisco José de Caldas)

Como insumo para la investigación se realizó, además de los textos escritos, una entrevista no estructurada, *texto oral*, que fue construida con preguntas abiertas acerca de todos los conceptos que abordó la estrategia. Esta, se llevó a cabo mediante una charla con pequeños grupos de profesores en formación entre los que generó un proceso argumentativo.

Se acudió al texto oral y escrito, entendidos como textos didácticos que representan *un conjunto de materiales escritos que se utilizan en el aula para enseñar y aprender a lo largo de la secuencia* (Izquierdo, 1995), y tiene como función prioritaria proporcionar información nueva y facilitar su asimilación para progresar en la potencialización de habilidades cognitivolingüísticas y la construcción del conocimiento.

El uso del texto didáctico (Izquierdo, 1995), en la enseñanza de la termodinámica se justificó desde su relación con la construcción social del conocimiento. Las comunidades científicas utilizan el texto oral y escrito como fuente de información en varios sentidos, para conocer los modelos o teorías que les permiten comenzar sus investigaciones y para comunicar los resultados de las mismas, dando lugar a una red entre investigadores que discute y se interesa por el tema, abriendo espacios para la discusión sobre aquellos modelos y teorías construidas para la explicación del mundo.

### La evaluación

Por último, con el objetivo de exponer el sustento teórico para la formulación de los criterios que permitieron evaluar la estrategia didáctica, es importante situarnos en una concepción de lo que es evaluar, de esta manera se describen los referentes que dejan claro que la evaluación,

constituye un proceso, en el cual cada actor del aula de ciencias se está autorregulando constantemente.

### *Objetos y criterios de la evaluación*

Los objetos de la evaluación (Nunziati, 1990 *citado por* Casellas *et al.*, 1997) son los aspectos que se quieren analizar en la producción de los estudiantes, para ver si los han adquirido y en qué grado.

Los criterios de la evaluación (Nunziati, 1990 *citado por* Casellas *et al.*, 1997) son las normas a las que se hace referencia para decir si un estudiante ha sabido hacer un trabajo, ha realizado con éxito una actividad etc. Es necesario hacerlos explícitos porque así se convierten en operadores de síntesis y no sólo en instrumentos de control.

Para definir los criterios y objetos de evaluación es necesario responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué se pretende evaluar con el trabajo propuesto? La respuesta a esta pregunta precisa los objetos de la evaluación.
- ¿Cómo se verá, para cada objeto si el estudiante ha alcanzado los conocimientos correspondientes y en qué grado? La respuesta a esta cuestión determina los criterios de evaluación.

Con todo es importante que la responsabilidad de la regulación se atribuya al profesor, quien ha de tener en cuenta los resultados en cada momento del proceso y llevar a cabo una intervención constante, todo con el objetivo de:

- Enseñar a los estudiantes a aprender a aprender, a fin de que vayan siendo lo mas autónomos posible en su proceso de aprendizaje.
- Favorecer las interacciones que se producen en el aula, ya que los estudiantes no aprenden solos y la confrontación de sus ideas con las de los otros estudiantes y las del profesor facilita el aprendizaje.

## **Construcción de los criterios de evaluación**

Nuestra interpretación de los fundamentos teóricos y la intención de la investigación se constituyen en el punto de partida para la formulación de los criterios evaluativos, a partir de los cuales se analizaron las producciones orales y escritas de los profesores en formación.

En el presente apartado se pretende dar una visión de las instancias de construcción de los criterios de evaluación, así como de la metodología llevada a cabo en la estrategia didáctica.

### **¿Por qué *argumentar* y *explicar* y cuál es nuestra definición?**

Para los autores de la investigación estas dos habilidades cognitivolingüísticas se ubican en la base de la construcción de la ciencia y además son determinantes en los procesos de enseñanza (Muñoz, Ruiz, Martínez y Ospina, 2008), ya que son los científicos y científicas quienes recurren a estas topologías específicas del lenguaje para comunicar sus ideas acerca de los fenómenos que estudian.

Por otro lado, los profesores de ciencias se interesan en que sus estudiantes expliquen ciertos fenómenos a partir de los modelos que construyen. Adherimos a la posición de que expresándose quien aprende articula las razones para justificar lo que entiende y sus visiones con respecto a determinado asunto (Aufschnaiter, Eduran, Osborne y Simón, 2008).

Además, desde el punto de vista del lenguaje al potenciar estas dos habilidades cognitivolingüísticas se están involucrando otras como describir y definir, ya que muchas veces en la producción de un texto argumentativo o explicativo es necesario tomar elementos de habilidades que se cree son menos complejas de evidenciar.

A partir de la revisión de las definiciones propuestas por algunos autores sobre qué se entiende por explicar y por argumentar, hemos considerado las siguientes interpretaciones de cada habilidad cognitivolingüística:

Explicar es:

*Generar proposiciones desde un marco conceptual que permita relacionar los hechos, fenómenos y procesos entre sí. Dando respuesta a un ¿por qué? del objeto de explicación.* (Martínez y Ospina, 2008)

Argumentar es:

*Generar proposiciones, estableciendo relaciones entre ellas, que permitan defender una posición, examinando su fuerza y aceptabilidad.* . (Martínez y Ospina, 2008)

### **Características de los criterios de evaluación**

A partir de las definiciones anteriores, queda establecido el primer requisito para lo que consideramos una “buena” explicación o argumentación desde el punto de vista de la coherencia presentada y el contenido. El otro de los requisitos que sumamos al análisis se refiere a la forma en la que se presenta el texto oral y escrito, es decir, la redacción del mismo.

Cuando decimos coherencia nos referimos a la medida en que los argumentos o explicaciones se corresponden con los conceptos presentados en el currículum prescrito, es decir los que se resumen en la Tabla 1.

Los criterios se caracterizan por contemplar las características TEXTUALES Y CONCEPTUALES de los escritos (Ver Tabla 2), por textuales se entiende todo lo referido a la forma del texto oral y escrito: redacción, claridad y relaciones entre los términos; y por conceptuales su correspondencia con lo consensuado desde el currículum y en la clase de Fisicoquímica II.

En el curso de la construcción de los criterios, se hizo evidente que no siempre se iban a encontrar textos en los cuales se cumplieran completamente los criterios o textos que no se correspondieran con ninguno de los mismos. Por este motivo, creamos distintas combinaciones entre los criterios, -descritas en el siguiente apartado- para opciones como por ejemplo: una explicación clara, con relación entre los términos y bien redactada no obstante dada desde un marco explicativo distinto a los presupuestos de la termodinámica.

Otra de las características que se definieron en el proceso de construcción está relacionada con el carácter general o específico de los criterios de evaluación, en este sentido un criterio es general cuando se refiere a los conceptos del currículum sin especificar cuál en particular y adquiere especificidad cuando se refiere a un concepto o conjunto de conceptos determinados.

### **Criterios que permitieron evaluar los textos explicativos y argumentativos**

#### **Presentación de los criterios**

En la Tabla 2, se presentan los criterios generales, que se hacen específicos dependiendo de cada concepto tratado en la investigación.

HABILIDAD COGNITIVOLINGÜÍSTICA	CRITERIOS TEXTUALES	CRITERIOS CONCEPTUALES
<b>EXPLICAR</b>	1. Las proposiciones son coherentes y se refieren al objeto de la explicación. 2. La redacción es adecuada y se refiere con claridad al objeto de explicación. 3. Los términos utilizados tienen relaciones de sentido y significado y se relacionan con el objeto de la explicación.	1. Las proposiciones son coherentes con los presupuestos de la termodinámica (presentes en el currículum). 2. Las proposiciones que se dan permiten responder a un ¿por qué? del objeto de la explicación y está relacionada con el modelo que la sustenta.
<b>ARGUMENTAR</b>	1. Los argumentos son coherentes y se refieren al objeto de la explicación. 2. Los argumentos que se muestran en el texto, son suficientes y exponen la posición con claridad.	1. Los argumentos son coherentes con el modelo explicativo correspondiente en la termodinámica (presente en el currículum). 2. El texto argumentativo recoge los conceptos necesarios para sostener la posición que se defiende. 3. Se establecen relaciones claras entre los argumentos desde el modelo explicativo que los sustenta.

**Tabla 2.** Criterios para evaluar las habilidades cognitivolingüísticas: Explicar y Argumentar. Tomado de (Martínez y Ospina ,2008).

Una de las características de los criterios es que involucran tanto el aspecto textual como el conceptual, lo que condujo a evaluar la coherencia interna de las combinaciones que se podían manifestar en determinada explicación o argumentación.

En este sentido se tienen las siguientes posibilidades de combinación entre los criterios:

- Es posible que una explicación cumpla con todos los criterios de evaluación textuales, aun sin cumplir con los criterios conceptuales.
- Los criterios textuales representan un conjunto, es decir están íntimamente relacionados, debido a esto, no es coherente que se cumplan por separado.
- Se pueden cumplir todos los criterios textuales y ninguno conceptual, debido a que la forma del texto es coherente, pero no esta enmarcada en un modelo de la termodinámica (presente en el currículum) y no responde al ¿por qué? del objeto de la explicación.
- Cuando se cumplen todos los criterios textuales, es posible que se cumpla tan solo un criterio conceptual, ya sea porque que la explicación este enmarcada en un modelo de la termodinámica (presente en el currículum) o responda al ¿por qué? del objeto de la explicación.
- Se cumplen todos los criterios textuales y conceptuales, la explicación que se genera es precisa y cumple con el objetivo de la actividad.



- No se cumple ni con los criterios conceptuales ni los textuales, la explicación no aparece o es poco clara y no se enmarca en ningún modelo explicativo que la sustente.

### Opciones que surgen de la combinación de los criterios

Las posibles combinaciones de los criterios de evaluación, que no contradicen ninguna de estas condiciones y permiten evaluar las producciones escritas de los profesores en formación son las siguientes:

Para la habilidad cognitivolingüística: explicar

*Opción A:* no se cumple ni con los criterios conceptuales ni los textuales.

*Opción B:* se cumplen con todos los criterios establecidos para la explicación

*Opción C:* se cumplen con todos los criterios textuales y ninguno conceptual.

*Opción D:* se cumplen con todos los criterios textuales, pero no se responde a un ¿por qué? del objeto de la explicación.

*Opción E:* se cumplen todos los criterios textuales y se responde al ¿por qué? del objeto de la explicación, pero esta no está enmarcada en un modelo de la termodinámica (presente en el currículum).

Para la habilidad cognitivolingüística de Argumentar:

*Opción A:* no se cumple ni con los criterios conceptuales ni los textuales.

*Opción B:* se cumplen con todos los criterios establecidos para la argumentación.

*Opción C:* se cumplen con todos los criterios textuales y hay coherencia entre los argumentos y un modelo de la termodinámica (presente en el currículum), pero no hay relación clara (desde el modelo) entre ellos.

*Opción D:* se cumplen con todos los criterios textuales, pero solo se enuncian los conceptos necesarios para sostener la posición que se mantiene.

*Opción E:* se cumplen todos los criterios textuales y ninguno conceptual

### Las respuestas de los profesores en formación

Las respuestas planteadas por los profesores en formación a las situaciones sugeridas en las actividades de potencialización se clasificaron de acuerdo con las opciones mostradas anteriormente. En el presente apartado se pretende dar al lector una idea más tangible acerca de lo que se consideró a la hora de analizar los resultados de las producciones escritas del profesorado de química en formación.

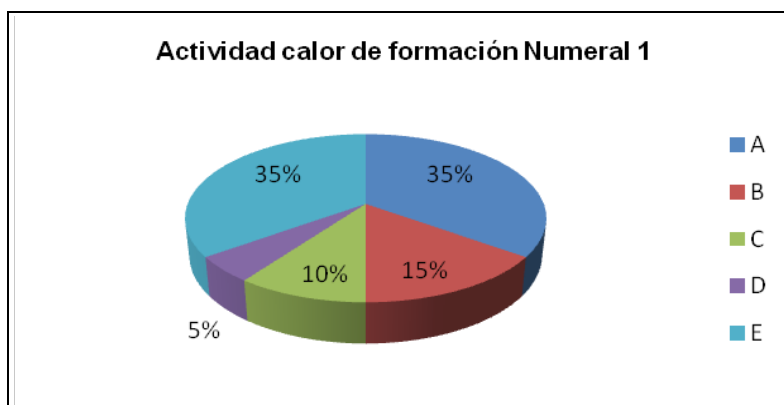
De esta manera se va utilizar el contexto de dos de las actividades de potencialización, con lo que perseguimos dos objetivos, por un lado mostrar la evolución en términos generales de las producciones de los profesores en formación y, por otro, caracterizar las opciones por medio de la ejemplificación con respuestas dadas en contexto de aula real. Los numerales que se ejemplifican corresponden a instancias de *explicación*, debido a que una de las conclusiones generales de la investigación se refiere a la evolución encontrada en esta habilidad, siendo esta exigua en la habilidad *argumentativa*.

En los anexos número uno y número dos se presentan los textos: “*Datos históricos de la fabricación del jabón*” y “*Un organismo en constante combustión*” y las situaciones que se les pidió a los profesores en formación resolver mediante argumentos o explicaciones.

A partir del primer texto, se introdujeron cuestiones relacionadas con el *Calor de Formación* de una sustancia, es así como en el primer ítem de esta actividad se pedía a los profesores en formación una explicación (Ver: ANEXO I) con el planteamiento de la pregunta: ¿Por qué se produce esa energía y de dónde proviene? se insta a los profesores a generar razones a partir de las que se sustente la producción de energía producida en una reacción específica.

Esta actividad estaba contextualizada en un método para producir jabón y al igual que en las demás partía de un texto que después se anclaba con algunos de los conceptos de la termodinámica.

Con base en las combinaciones de los criterios, se ejemplificarán algunas de las respuestas de los profesores en formación a esta pregunta; en la Figura 2 se muestra la frecuencia de las opciones en las respuestas de los profesores en formación.



**Figura 2.** Frecuencia de las opciones encontradas en las respuestas de los profesores en formación para el numeral número uno de la actividad: “Datos históricos de la fabricación del jabón” (Texto para Calor de Formación)

A partir de estos resultados fue posible inferir que los profesores en formación en su mayoría producían explicaciones del tipo A y E, las de tipo A son aquellas en las es difícil encontrar rasgos que se correspondan con los criterios tanto textuales como conceptuales, dentro de estas se encuentra la siguiente:

*“todos los compuestos puros poseen un calor de formación original; la reacción de varios compuestos produce cambios en la energía que pueden liberar o absorber esta”.*

En cuanto a las opciones E, aquellas en que la explicación está muy bien estructurada desde el punto de vista textual, es decir, la idea que se desarrolla es clara y se enuncian conceptos relacionados con enlace químico y la energía asociada a este, sin embargo no responde a un por qué ni tampoco menciona las interacciones energéticas presentes en una reacción de formación. En este sentido se tiene:

*“proviene de la reacción entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de sodio; se produce para la formación de sulfato de sodio, ya que los reactivos necesitan romper sus enlaces y para ello liberan energía”*

De otro lado el 15% de los estudiantes generó las respuestas correspondientes con la opción B, considerada como la que se corresponde con los criterios textuales y conceptuales en la explicación:

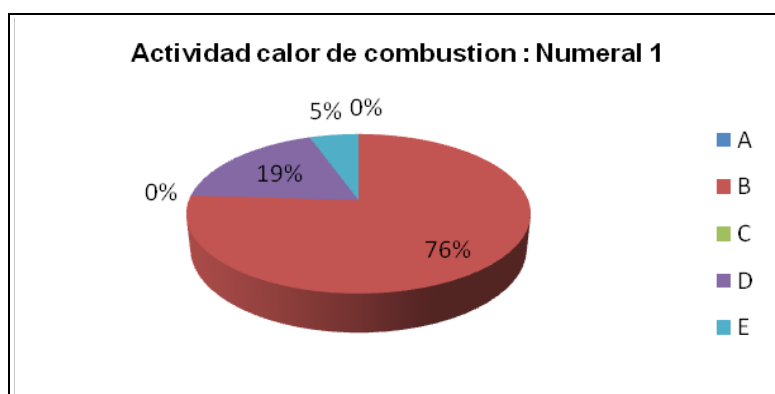
*“la liberación de energía nos indica que es una reacción exotérmica y dicho desprendimiento se presenta en energía calórica. La nueva organización de los átomos pertenecientes a los reactivos, en este caso ácido sulfúrico e hidróxido de sodio para formar el sulfato de sodio y la ruptura de los enlaces son la razón por la cual se da la liberación de energía en forma de calor”.*

Por otro lado, la segunda de las actividades corresponde al texto titulado: “*Un organismo en constante combustión!!!*” (Ver: ANEXO II) el cual se centra en las características de una reacción de combustión tanto al interior del organismo, (metabolismo de carbohidratos), como la que tiene lugar en un calorímetro; la primera de las consignas que se le propuso al profesorado en formación está relacionada con las semejanzas y diferencias que identifican este tipo de reacción en cada sistema mencionado, mediante la siguiente pregunta:

*¿Cuáles son las diferencias y semejanzas existentes entre el metabolismo de los carbohidratos y la combustión de un carbohidrato al interior de un calorímetro? ¿Por qué?*

Si se analiza la pregunta, es posible determinar que su objetivo se dirigía a que los profesores en formación *explicaran*, esto es, dieran un por qué satisfactorio acerca de esas semejanzas y diferencias que se dan entre los dos sistemas, teniendo en cuenta una estructura adecuada desde el punto de vista textual.

En la Figura 3, se muestra la frecuencia de las opciones para este numeral. En este punto de la estrategia didáctica los profesores en formación estaban generando textos escritos cuya capacidad explicativa era evidente, razón por la cual la mayor parte de las explicaciones (76%) encajaba en la opción B, que se caracteriza por cumplir tanto los criterios conceptuales como los textuales.



**Figura 3.** Frecuencia de las opciones encontradas en las respuestas de los profesores en formación para el numeral número uno de la actividad: “*Un organismo en constante combustión!!!*” (Texto para Calor de Combustión).

Para dicha opción tomada como ideal (B), tenemos el siguiente ejemplo:

*“... El metabolismo de carbohidratos no es una reacción directa, puesto que se da en varias etapas, en las que actúan diferentes enzimas o catalizadores, que favorecen al proceso de glucólisis. Por el contrario en la combustión, se realiza una reacción directa sin presencia de catalizadores químicos.....”*

El otro porcentaje estuvo repartido entre las opciones D y E, la primera se caracteriza por tener una forma textual adecuada sin embargo no satisface la respuesta a un por qué:

*... las diferencias son la rapidez con la que se produce la reacción pues el metabolismo del carbohidrato es un proceso paulatino y en el calorímetro es mayor la velocidad de reacción...*

En cuanto a la segunda, opción D, se identifica por tener una estructura textual adecuada, incluso responder a un por qué, sin embargo no se enmarca en una explicación acorde con el modelo científico aceptado:

*...una de las diferencias radica en la clase de sistema del que se habla, puesto que uno es aislado térmicamente, mientras que nuestro sistema es cerrado...*

## Inferencias finales

La construcción de los criterios de evaluación de habilidades cognitivolingüísticas brinda la posibilidad de generar una estrategia de análisis de la producción de los profesores de química en formación útil a la generación de propuestas de enseñanza más coherentes. El poder teórico de los criterios de evaluación está dado a partir de cómo involucran los aspectos propios de un texto bien escrito con el nivel de correspondencia que se puede determinar en relación con la disciplina específica a la cual se hace referencia; de lo anterior se desprende lo que hemos denominado las opciones posibles de combinación de acuerdo a lo que identifica y caracteriza el texto en cuestión.

Situados en la ciencia escolar (Meinardi et al., 2002) y, con ello, en el modelo de regulación y autorregulación de los aprendizajes (Del Carmen, 1997), es posible aplicar estos criterios de manera metacognitiva con los profesores en formación. La revisión de los formatos explicativos y argumentativos producidos en el aprendizaje de una temática específica, en nuestro caso termodinámica, brinda la posibilidad de examinar los propios errores conceptuales pero también de analizar los mecanismos de pensamiento que se ponen en juego a la hora de resolver problemas.

## Referencias

- Casellas, E. y Jorba, J. (1997). *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*. Madrid: Narcea.
- De Longhi, A.L. (2007). Gestión de un proceso de formación docente para las ciencias naturales. En J. Sarmiento (Ed.), *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba – Argentina*. (pp. 11- 34). Córdoba: Universitat
- Del Carmen, L. (1997). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. En Jorba, J. y Sanmartí, N. *La evaluación como instrumento para mejorar el proceso de aprendizaje de las ciencias*. Barcelona: Horsori.
- Duval, R. 1999. “Argumentar, demostrar, explicar ¿continuidad o ruptura cognitiva?”. México: Ed. Iberoamericana.
- Giere, R. N, (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Conacyt.
- Izquierdo, M. (1995) ¿A qué se refieren los libros de texto? Su valor epistemológico. En *Aspectos didácticos de las ciencias naturales*, pp. 105-135. ICE de la Universidad de Zaragoza
- Marafioti, R. (2003). *Los patrones de la argumentación. La argumentación en los clásicos y en el siglo XX*. Buenos Aires: Ed. Biblos.
- Martínez, J. y Ospina, N. (2008). “*La potencialización de Habilidades cognitivolingüísticas en la enseñanza/ aprendizaje de la primera ley de la termodinámica asociada a procesos fisicoquímicos, en profesores en formación inicial de licenciatura en química*”. Proyecto de Grado. Proyecto Curricular de Licenciatura en Química. Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá – Colombia.
- Meinardi, e.; Aduriz-Bravo, a.; Morales, L.; Bonan, L. (2002). *El modelo de ciencia escolar. Una propuesta de la didáctica de las Ciencias naturales para articular la normativa educacional y la realidad del aula*. Revista Enseñanza de la Física, Vol 15, Nro 1, pp 13-21.
- Muñoz, L., Ruiz, M., Martínez, J. y Ospina N. (2008). “El lenguaje en situación enseñanza/aprendizaje y su relación con la formación de profesores en ciencias y la construcción del concepto energía”. *Studiositas. Bogotá Colombia*, 3 (2), 34 – 41.

- Jorba, J; Gómez, I, Prat, A. (2000). *Hablar, leer y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Ed. Síntesis
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21 (1), 21-25, <http://ensciencias.uab.es/>.

**ANEXO I****(Instrumento para calor de formación)**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACION**  
**PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUIMICA**  
**FISICOQUIMICA II**



Nombre: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**DATOS HISTÓRICOS DE LA FABRICACIÓN DEL JABÓN**

Algunas historias en la química se entrelazan a menudo con mitos y leyendas, por ejemplo Homero en el siglo VI a.C narra en su Odisea cómo Naucasia, hija de Feacia, junto con sus sirvientas, pateaba en el agua del río la ropa sucia hasta dejarla completamente limpia. Así, a ese primer método detergente se le llamó "pie de doncella". Otra leyenda cuenta que el jabón fue descubierto accidentalmente en Roma, por un grupo de mujeres que lavaba su ropa en el río a orillas del Monte Sapo. En dicho monte se efectuaban diversos sacrificios de animales, y los restos de grasa animal se mezclaban con ceniza y otros restos vegetales, que al llover eran arrastrados monte abajo. Dicha mezcla de grasa con ceniza acababa en el río, donde las lavanderas observaron que la ropa quedaba más limpia al frotarla con ella.

Hay indicios de que ya en la antigua Babilonia se usaba el jabón, y que también los sumerios y los hebreos lo conocían. Así mismo, los egipcios lo utilizaron tanto para lavar la ropa como para fines medicinales. En el siglo I d.C, el naturalista e historiador romano Plinio, nos habla en sus escritos de un jabón blando conocido por los antiguos pueblos germanos, y otro jabón más duro utilizado por los galos. También en el siglo II d.C., el médico romano Galeno nos facilitó las primeras noticias sobre el empleo del jabón como medio curativo, así como para la fácil eliminación de la suciedad del cuerpo y de los vestidos.

La fórmula más antigua conocida del jabón, data aproximadamente del 2250 a.C., pero fue en el siglo VII y precisamente en la ciudad

italiana de Savona (a la cual debe su nombre) donde se empezó a elaborar un jabón a base de aceite de oliva, que también se hacía en España y era conocido como "Jabón de Castilla". La industria jabonera floreció en las ciudades costeras del Mediterráneo, favorecidas por la abundante presencia del aceite de oliva y la sosa caustica, procedente de las cenizas de las algas marinas. En el siglo XV aparece también el conocido "Jabón de Marsella", preparado con una mezcla de huesos (ricos en potasio) y grasas vegetales. En el siglo XVI el jabón era extremadamente caro, por lo que su uso no estaba muy difundido. Es por ellos que no fue realmente hasta el siglo XIX, cuando se expandió el uso del jabón a lo largo de Europa y el resto del mundo.

Desde entonces hasta ahora, lo que ha evolucionado más en el mundo del jabón no ha sido tanto su formulación como su apariencia. Así, los jabones han pasado de su antiguo tacto rudo y aspecto poco agradable (no olvidemos que seguían elaborándose con grasas animales impuras y ceniza), a la cuidada presencia del jabón industrial que conocemos actualmente, o las vistosas presentaciones de los jabones artesanales de hoy en día.

En el Egipto antiguo se conocían ya diversas formas y texturas de los jabones, debido a la diversidad de aditivos que los conformaban, el sulfato de Sodio uno de los mejores aditivos encontrados era muy famoso entre los faraones y la gente adinerada por su efecto exfoliante y tonificador en la piel, el proceso

de producción se llevaba a cabo mezclando en dos grandes tinajas aceite de vitriolo (ácido sulfúrico y sosa caústica (hidróxido de sodio)), para después filtrar el polvo producido que finalmente se mezclaba con grasa animales, vegetales y cenizas. La reacción que sucedía en las tinajas desprendía una cantidad enorme de energía, que en muchas ocasiones cobraba la vida de quienes producían el sulfato de sodio.

Actividades propuestas:

1. En la obtención de sulfato de sodio se desprende una gran cantidad de energía perceptible en los recipientes donde se lleva a cabo la reacción química, **¿Por qué se produce esa energía y de donde proviene?**

---

---

---

---

---

La formación de sulfato de sodio a partir de sus elementos constituyentes en el estado alotrópico más estable, es decir, oxígeno gaseoso, sodio sólido y azufre ortorrómbico, se da por medio de una reacción muy exotérmica, la cual libera -330,500 cal/mol, cuando se efectúa a presión constante y 25° C de temperatura, dicha cantidad de energía recibe el nombre de **entalpía de formación tipo**.



2. Explique que significado tiene el signo que antepone el valor de la **entalpía de formación tipo** y a que se refiere la unidad caloría.

---

---

---

---

---

## ANEXO II

### (Instrumento para calor de combustión)

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACION  
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUIMICA  
FISICOQUIMICA II

Nombre: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

### UN ORGANISMO EN CONSTANTE COMBUSTIÓN!!!

Los organismos vivos requieren un continuo suministro de energía que les permite efectuar sus funciones vitales y desarrollar los diferentes procesos metabólicos y de biosíntesis, así como mantener la temperatura corporal y lograr un correcto funcionamiento de órganos que son sensibles a la falta de combustible como el corazón y el cerebro.

Los carbohidratos, constituyen una de las principales fuentes de energía para el metabolismo, estos se degradan más rápido que otras biomoléculas como las grasas y proteínas y se clasifican dependiendo su composición en: monosacáridos: formados por una molécula de azúcar, por ejemplo la glucosa, disacáridos: formados por la unión de dos monosacáridos iguales o distintos: lactosa, maltosa, sacarosa y oligosacáridos: polímeros de hasta 20 unidades de monosacáridos.

El aprovechamiento de los carbohidratos como combustible se realiza por medio de un proceso metabólico en el que participan diversas sustancias enzimáticas que ayudan a producir moléculas de ATP (que son energía al instante), y en  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  generalmente como productos finales.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , son productos característicos también fuera del organismo cuando un combustible arde en presencia de suficiente comburente, generalmente oxígeno, liberando cierta cantidad de energía hasta alcanzar la combustión completa; si la cantidad de combustible involucrada es la masa correspondiente a un mol en un proceso isobárico a una temperatura de 25°C dicha energía se conoce como **entalpía de combustión**.

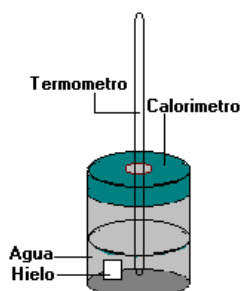
Mediante la utilización de un calorímetro a presión constante es posible determinar el aporte energético de un alimento, el cual constituye la cantidad de calorías que se desprende cuando se quema completamente un gramo del mismo, en cuyo caso se habla de calor de combustión química, y si se produce en el organismo, se denomina calor de combustión fisiológica (energía metabólica), sin embargo aunque podemos considerar nuestro organismo como un sistema abierto al tener intercambio de materia y energía con su entorno, no podríamos igualar el metabolismo de los carbohidratos con lo que sucede en un calorímetro, debido a que la reacción en este último se da manera mucho más rápida al proceso metabólico en el que intervienen un conjunto de enzimas que posibilitan un desdoblamiento paulatino, además de un almacenamiento de la energía que queda disponible, en forma de moléculas estructurales.

#### **Actividades propuestas:**

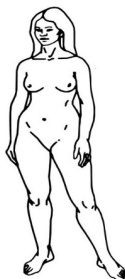
El recipiente donde se realizan las experiencias en las que se producen variaciones de calor se llama calorímetro, se trata de un recipiente que contiene el líquido en el que se va a estudiar la



variación del calor y cuyas paredes y tapa deben aislarlo al máximo del exterior, a continuación se muestra un esquema en el que se muestra un calorímetro:



Cuando un líquido contenido en un calorímetro recibe calor (energía) la absorbe, pero también la absorben las paredes del calorímetro. Lo mismo sucede cuando pierde energía. Es posible determinar la cantidad de Kcal existentes en un alimento cuando se produce una reacción de combustión del mismo.



La **glucólisis** es la vía metabólica encargada de oxidar o fermentar la glucosa y así obtener energía para la célula. Ésta consiste de 10 reacciones enzimáticas que convierten a la glucosa en dos moléculas de piruvato, la cual es capaz de seguir otras vías metabólicas y así continuar entregando energía al organismo, a continuación se muestra un esquema que resume los pasos de la glucólisis

¿Cuáles son las diferencias y semejanzas existentes entre el metabolismo de los carbohidratos y la combustión de un carbohidrato al interior de un calorímetro? ¿Por qué?

---

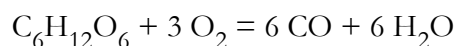
---

---

---

---

1. La glucosa es la principal fuente de energía para el metabolismo celular, es la forma como se transporta el azúcar en la sangre. En un calorímetro a presión constante y 25° C se quema cierta cantidad de glucosa, y se presenta la siguiente reacción química:



Teniendo en cuenta las condiciones del método de entalpía de combustión tipo, explique por qué se podría o no utilizar para hallar el calor de esa reacción.

---

---

---

---

---

2. Argumente si está o no de acuerdo con las siguientes afirmaciones:

- ❖ El comburente es la sustancia que se encarga de promover la combustión
- ❖ Los productos de la combustión dependen de la naturaleza de la sustancia combustible
- ❖ Para poder utilizar el método de entalpía de combustión tipo, es necesario conocer la cantidad de combustible que se involucra en la reacción.
- † El método de entalpía de combustión tipo es utilizable si entre los reactivos se encuentra una sustancia combustible, ya que los productos no se tienen en cuenta.

---

---

---

---

---

---